

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

27.12.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 4 年 1 2 月 1 3 日

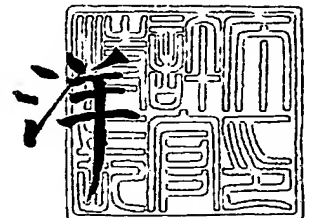
出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 3 5 9 8 9 0  
[ST. 10/C]: [ J P 2 0 0 4 - 3 5 9 8 9 0 ]

出 願 人  
Applicant(s): 日 立 金 属 株 式 有 限 公 司

2 0 0 5 年 2 月 1 7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 DE04018  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G01P 15/02  
G01P 15/12  
【発明者】  
    【住所又は居所】 栃木県真岡市松山町 1 8 番地 日立金属株式会社 O E デバイス  
    部内  
    【氏名】 池田 由夫  
【発明者】  
    【住所又は居所】 埼玉県熊谷市三ヶ尻 6 0 1 0 番地 日立金属株式会社 生産シス  
    テム研究所内  
    【氏名】 武鎗 徳久  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000005083  
    【氏名又は名称】 日立金属株式会社  
    【代表者】 本多 義弘  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 010375  
    【納付金額】 16,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1

## 【書類名】 特許請求の範囲

## 【請求項 1】

シリコン単結晶基板の周縁部に形成された支持枠部と、中央部に形成された錘部と、該錘部及び支持枠部の上方側に設けられ、該錘部及び支持枠部を接続する薄肉梁状の可撓部と、該可撓部の上面側に形成された複数対のピエゾ抵抗素子および金属配線部とを具備してなる半導体型 3 軸加速度センサであって、可撓部は可撓幅広部と可撓平行部より形成され、可撓部に配された少なくとも X, Y, Z 軸のいずれかのピエゾ抵抗素子は、可撓幅広部と可撓平行部の境界である接続線を跨いで配され、X, Y, Z 軸のいずれもピエゾ抵抗素子端部は、可撓部と錘部および可撓部と支持枠部との境界である連結線より離れて配されていることを特徴とする半導体型 3 軸加速度センサ。

## 【請求項 2】

可撓部は可撓幅広部と可撓平行部より形成されており、可撓幅広部の稜線と支持枠部もしくは錘部が交わる連結端と、可撓幅広部の稜線と可撓平行部が交わる接続端は、連続的な曲線もしくは直線で接続され、可撓部の短手方向中心線に対して対称の形状で可撓幅広部が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体型 3 軸加速度センサ。

## 【請求項 3】

可撓幅広部の稜線と支持枠部が交わる連結端の間隔もしくは、可撓幅広部の稜線と錘部が交わる連結端の間隔  $W1$  と、可撓平行部幅  $W2$  の比  $W2/W1$  が  $0.2$  以上  $0.6$  以下であることを特徴とする請求項 1 或いは 2 に記載の半導体型 3 軸加速度センサ。

## 【請求項 4】

可撓平行部長  $L2$  と 2ヶ所の可撓幅広部長を含む可撓部全長  $L0$  の比  $L2/L0$  が  $0.4$  以上  $0.9$  以下であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の半導体型 3 軸加速度センサ。

## 【請求項 5】

可撓部の短手方向中心線上に Z 軸用ピエゾ抵抗素子を配し、X 軸および Y 軸用ピエゾ抵抗素子は、可撓部短手方向中心線から可撓部短手方向の外側に配することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の半導体型 3 軸加速度センサ。

## 【請求項 6】

X, Y, Z 軸のいずれもピエゾ抵抗素子端部は連結線より離れて配されており、X, Y 軸のピエゾ抵抗素子端部と、Z 軸のピエゾ抵抗素子端部が不一致で連結線との間隔が異なって配されていることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の半導体型 3 軸加速度センサ。

## 【請求項 7】

可撓部の短手方向中心線上に Z 軸用ピエゾ抵抗素子を配し、X 軸および Y 軸用ピエゾ抵抗素子は、可撓部の短手方向中心線から可撓部短手方向の外側方向に配されており、可撓部短手方向中心線に対称の位置に X 軸および Y 軸用ピエゾ抵抗素子および金属配線等のダミーが設けられていることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の半導体型 3 軸加速度センサ。

## 【請求項 8】

可撓部は可撓幅広部と可撓平行部より形成され、可撓部に配された少なくとも X, Y, Z 軸のいずれかのピエゾ抵抗素子は、可撓幅広部と可撓平行部の境界である接続線を跨いで配され、X, Y, Z 軸のいずれもピエゾ抵抗素子端部は、可撓部と錘部および可撓部と支持枠部との境界である連結線より離れて配されており、X, Y, Z 軸用ピエゾ抵抗素子は、ピエゾ抵抗素子の長さ方向に 2 ないし 4 分割されて可撓部の短手方向中心線に対称の位置に配され、分割された各軸のピエゾ抵抗素子は直列に接続されていることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の半導体型 3 軸加速度センサ。

## 【請求項 9】

X, Y, Z 軸用ピエゾ抵抗素子は、ピエゾ抵抗素子の長さ方向に 2 ないし 4 分割されており、可撓部の短手方向中心線に対称の位置に Z 軸用ピエゾ抵抗素子を配し、X 軸および Y 軸用ピエゾ抵抗素子は、Z 軸用ピエゾ抵抗素子から可撓部短手方向の外側に可撓部長手

方向中心線に対称の位置に配することを特徴とする請求項 1 ないし 6 および 8 のいずれかに記載の半導体型 3 軸加速度センサ。

【請求項 10】

X, Y, Z 軸用ピエゾ抵抗素子は、ピエゾ抵抗素子の長さ方向に 2 もしくは 4 分割されており、X, Y, Z 軸のいずれもピエゾ抵抗素子端部は連結線より離れて配されており、X, Y 軸のピエゾ抵抗素子端部と、Z 軸のピエゾ抵抗素子端部が不一致で連結線との間隔が異なって配されていることを特徴とする請求項 1 ないし 6 および 8 或いは 9 のいずれかに記載の半導体型 3 軸加速度センサ。

【請求項 11】

X, Y, Z 軸用ピエゾ抵抗素子は、ピエゾ抵抗素子の長さ方向に 2 もしくは 4 分割されており、少なくともピエゾ抵抗素子の可撓部の長手方向中心側の端部は、高濃度拡散層で直列になるように接続されていることを特徴とする請求項 8 ないし 10 のいずれかに記載の半導体型 3 軸加速度センサ。

【書類名】明細書

【発明の名称】半導体型 3 軸加速度センサ

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車、航空機、家電製品、ゲーム機、ロボット、セキュリティーシステム等に使用される、半導体型の 3 軸加速度センサに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来の piezo 抵抗型 3 軸加速度センサの構造について説明する。図 14 に、特許文献 1 に記載されている加速度センサの展開斜視図を示す。加速度センサ 1 は、センサ素子 2 が保護ケース 3 に接着剤で固定され、保護ケース蓋 4 が保護ケース 3 に接着剤で固定されている。センサ素子のセンサ端子 6 と保護ケースのケース端子 7 はワイヤー 5 で接続され、外部端子 8 からセンサ素子 2 の出力が外部に取り出されるものである。

【0003】

【特許文献 1】特開 2004-184081 図 3

【0004】

従来の piezo 抵抗型 3 軸加速度センサに用いられているセンサ素子について説明する。以下、特に断りの無い限り説明を判り易くするため、同じ部品、部位には同一の符号を用いている。図 15 に、特許文献 2 に記載されているセンサ素子 2 の平面模式図と piezo 抵抗素子の配置を示す。図 15 は、piezo 抵抗素子の配置が判り易くなるように、piezo 抵抗素子間やセンサ端子 6 を繋ぐ金属配線やセンサ端子 6 の記載は省略している。シリコン単結晶基板の厚肉部から成る錘部 11 とそれを取り囲むように配された支持枠部 10 と、該錘部 11 および支持枠部 10 とを接続するシリコン単結晶基板の薄肉部より成る 2 対の互いに直交する梁状の可撓部 12 と該可撓部上の 2 つの直交する方向 (X と Y) 及び該可撓部に垂直な方向 (Z) に対応するように設けられた各軸複数の piezo 抵抗素子、図 15 では、X 軸 piezo 14 と Y 軸 piezo 15、Z 軸 piezo 16 と記載している piezo 抵抗素子から構成される。また、可撓部 12 はシリコン単結晶基板の薄肉部に貫通穴 13 を設けることによって梁形状となっており、変形しやすく、高感度化に向けた構造となっている。また、X、Y 軸は出力検出原理、結線方法および piezo 抵抗素子の配置が同じであり、それぞれ他方の軸と入れ替えることができる。以降、特に断りの無い限り図面の横方向の可撓部を X 軸、X 軸に設けられた piezo 抵抗素子を X 軸 piezo 14 と表記し、Z 軸 piezo 16 は X 軸 piezo 14 と同じ可撓部に設けられていることで説明を行っていく。図 15 b) は図 15 a) の部分拡大図である。

【0005】

センサ素子の加速度検出感度 (出力) を上げるには、可撓部 12 の長さを長く、可撓部の幅を小さく、厚みを薄く、錘部 11 の重量を重くし、可撓部が僅かな外力で大きく変形するようにすることが必要である。可撓部の変形した量を効率良く、各軸の piezo 抵抗素子の抵抗変化として取り出すため、各軸の piezo 抵抗素子の端部は最大応力点である連結線 17 に合わせて配置している。連結線 17 は支持枠部と可撓部、錘部と可撓部の連結部であり、外力で撓む可撓部と外力が加わっても撓まず動かない支持枠部と錘部の境界であり、可撓部に加わる最大の応力点となる。X 軸 piezo 14 と Z 軸 piezo 16 は同じ可撓部に配置するため、可撓部の短手方向の中心線 (以降、中心線 A と称す) に対称に、Y 軸 piezo 15 は該中心線 A 上に配置することが多い。各軸の piezo 抵抗素子を中心線 A に対し対称に配することで、piezo 抵抗素子間を繋ぐ金属配線の設計や製作が容易になるためである。

【0006】

【特許文献 2】特開 2003-279592 図 9

【0007】

モバイル機器等に搭載される加速度センサを考えると、要求される検出加速度は数 G レベルであるが、モバイル機器の落下時に加速度センサに加わる 3000 G 近い衝撃でも、

センサ素子が壊れないことが重要である。センサ素子の加速度検出感度を上げるには可撓部を撓みやすく、耐衝撃性を上げるには可撓部の機械的強度を上げて、変形を少なくすると言う、相反する要求を満たす必要がある。

#### 【0008】

耐衝撃性を上げる方法の一つとして、Z軸方向の動きを規制する方法が特許文献3に記載されている。図16に示すように、センサ素子の上下に規制板18, 19を所定の間隔g1, g2を設けて固定するものである。加速度センサに衝撃が加わったとき、可撓部が破損するような量を動く前に、錘部11が規制板18, 19に接触し可撓部の破損を防ぐものである。Z軸方向の動き量はg1, g2の値で決まる。X, Y軸方向の動き量の規制は、錘部の角が規制板19と接触して規制する。可撓部の捻れ方により錘部11の角が規制板19と接触するまでに動く量が異なってくるため、X, Y軸方向に最適なg2を設定するのは難しい点があるが、耐衝撃性を得る方法としては有効な方法である。

#### 【0009】

同様に、センサ素子2の錘部等の一部を他の部位に接触させて可撓部12の動きを規制する方法が、特許文献4に記載されている。図17に斜視図を示す。基本的には先に示した図15のセンサ素子と同じ構成であるが、錘部11に花卉状に補助錘部22を設けたものである。X, Y軸方向に衝撃が加わったとき、可撓部12が破損するような量を動く前に、補助錘部22の側面が支持枠部10の側壁と接触し、可撓部の破損を防ぐものである。補助錘部22が加わった分、錘部全体の質量が増しセンサ素子の加速度検出感度(出力)を上げるには好都合であるが、その分可撓部が破損し易くなることも確かである。特に、補助錘部22を追加しただけでは、Z軸方向の過剰な動きは止めることが出来ないので、特許文献3の規制板18, 19を併用する必要が出てくる。

#### 【0010】

【特許文献3】特開平4-274005 図1

【特許文献4】特開2002-296293 図1, [0011]項

#### 【0011】

特許文献3, 4で示した耐衝撃性向上策は、可撓部の機械的強度そのものを上げるものではない。特許文献5に可撓部の機械的強度を上げる方法として、可撓部と支持枠部、可撓部と錘部の接合部に湾曲部を設けることが開示されている。図18a)に平面図、図18b)にc-c'斜視断面図、図18c)に他の実施平面図を示す。図18a)、図18b)は、可撓部12の厚み方向に湾曲部24を設けたもので、図18c)は可撓部の平面方向に湾曲部25を設けたものである。湾曲部24, 25を設け湾曲部分に加わる応力を、湾曲部分全体に一樣に分散させることで、可撓部12の機械的強度を向上させている。図18では、応力を検知するのに、歪ゲージ23を用いているが、歪ゲージ23と湾曲部24, 25の位置関係等に付いて何ら触れられていない。

#### 【0012】

【特許文献5】特開昭64-18063 図1, 2, 4

#### 【0013】

特許文献5と同様に、可撓部の平面方向に湾曲部(形状変化部26)を設け、ピエゾ抵抗素子との位置関係等もより明確にしたものが、特許文献6に示されている。図19a)に平面図、図19b)にb-b'断面図を示す。可撓部12と支持枠部10を形状変化部26を介して繋ぐことで、可撓部12と形状変化部26の境界に最大応力部を実現させ、その部位にピエゾ抵抗素子27を配している。可撓部と支持枠部の間に形状変化部を介させることで、支持枠部と形状変化部の境界の応力を下げて、耐衝撃性を得ている。可撓部12と形状変化部26の境界に最大応力部があることから、形状変化部は外力が加わっても撓まず動かない部分として扱っている。特許文献2では撓む部分が可撓部、撓まない部分が支持枠部、特許文献6では撓む部分が可撓部、撓まない部分が形状変化部と支持枠部とすると、最大応力点の位置やそれに伴うピエゾ抵抗素子の配置が同じであることが理解できる。

#### 【0014】

【特許文献6】特開平8-29446 図1

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

耐衝撃性の向上策として、特許文献で開示されている方法を説明してきた。しかし、これらの方法でも耐衝撃性の向上策としては一長一短がある。特許文献3の規制板を設ける方法では、部品として規制板を追加する必要があるのと、規制板を精度良く組立てる必要がある。規制板を入れることで、加速度センサの薄型化が難しくなる。特許文献4では、錘部の厚み分に当たる厚いシリコン基板で、補助錘部と支持枠部の僅かな間隔を精度良く製作することが難しいことは容易に理解できる。特許文献6では、最大応力点にピエゾ抵抗素子を配することで、出力を最大限引出すようにしているが、形状変化部を撓まない部分としているため、センサ素子の外寸や支持枠部の幅が同じであれば可撓部の長さを実質的に短くしてしまい、出力の絶対値を下げてしまっていることになる。出力の絶対値を戻すには、センサ素子の外寸を大きくする必要があり、小型化が難しくなるものである。

【0016】

3軸の加速度センサでは、各軸の出力値のバランスが必要となる。軸間の出力値で差が有り過ぎると、増幅率が異なる増幅器を各軸毎に準備する必要が生じコスト高になる。また、回路面積が大きくなり小型化への障害となることがある。X軸(Y軸)とZ軸の出力の差が特に問題となってきた。図20に、錘部の厚みとX軸とZ軸の出力の関係を示す。錘部の厚さに対しZ軸は一次関数的に、X軸は二次関数的に出力が変化する。略800 $\mu$ m厚でX軸とZ軸の出力が略同じとなる。しかし、半導体製造等で使用されるシリコン単結晶基板は、625 $\mu$ m厚以下が主流であり略800 $\mu$ m厚の基板は、価格や納期の点で不利である。また、センサ素子の薄型化は必須の流れであり、薄型化により益々X軸とZ軸の出力差は大きくなる。

【0017】

本発明の目的は、耐衝撃性が高く、X軸とY軸、Z軸の出力の差が小さく、小型で高感度、高出力の半導体型3軸加速度センサを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0018】

本発明の半導体型3軸加速度センサは、シリコン単結晶基板の周縁部に形成された支持枠部と、中央部に形成された錘部と、該錘部及び支持枠部の上方側に設けられ、該錘部及び支持枠部を接続する薄肉梁状の可撓部と、該可撓部の上面側に形成された複数対のピエゾ抵抗素子および金属配線部とを具備し、可撓部は可撓幅広部と可撓平行部より形成され、可撓部に配された少なくともX、Y、Z軸のいずれかのピエゾ抵抗素子は、可撓幅広部と可撓平行部の境界である接続線を跨いで配され、X、Y、Z軸のいずれもピエゾ抵抗素子端部は、可撓部と錘部および可撓部と支持枠部との境界である連結線より離れて配されていることが望ましい。

【0019】

薄肉梁状の可撓部が可撓幅広部と可撓平行部より形成せされていることが本願の特徴であり、言い換えると可撓幅広部は可撓部の一部であるということである。前述した特許文献6では、本願の可撓幅広部に相当する形状変化部は支持枠部もしくは錘部の一部としているものである。特許文献6には詳細な形状変化部の寸法、形状の記載は無いが、外力で撓まない十分な機械的強度を持った構造とする必要があることが判る。本願の可撓幅広部は可撓部の一部であるので、外力で撓むことが必要なため可撓部の破損が起こらない最小限の大きさにすることが好ましいものである。

【0020】

ここで、まず可撓部に係わる部位の呼称を説明し、以下これらの呼称を主に用いる。可撓部は可撓平行部と可撓幅広部から構成されており、可撓幅広部とは支持枠部または錘部と可撓平行部間に設けられた支持枠部または錘部に向かい幅が増加する領域を称する。可撓幅広部が支持枠部または錘部と接する境界部分を連結線と称し、連結線の両端を連結端

とし、連結端間を連結線長さと言うこともある。可撓平行部と可撓幅広部の境界を接続線と称し、接続線の両端を接続端と称す。接続線と連結線の間隔を、可撓幅広部長と言うこともある。連結端と接続端を繋ぐ線を稜線と称する。

#### 【0021】

特許文献2や6の従来のセンサ素子では可撓部に外力が加わった時の最大応力点は、固定部と可動部の境界である連結線上であるため、連結線上にピエゾ抵抗素子の片端を一致させて可撓部上に配置することにより最大の検出感度（出力）を得ていた。最大応力点は、点であるかも知れないが、線と考える方が理解し易いと思えるので、最大応力線と読み替えても良いものである。本発明の可撓部が可撓幅広部と可撓平行部を有する構造では、可撓幅広部が可撓性を有するために可撓幅広部長内に最大応力点ができる。可撓幅広部長内に発生する最大応力点の位置（連結線もしくは接続線からの距離）は、連結線長さや可撓部の稜線の形状で異なってくる。また、可撓幅広部の形状から、最大応力点から連結線側での応力の変化度合と接続線側での応力の変化度合は大きく異なる。そのため、ピエゾ抵抗素子は最大応力点を跨いで配するのではなく、従来のセンサ素子と同様に最大応力点にピエゾ抵抗素子の片端を一致させ配置することが好ましい。最大応力点を跨いでピエゾ抵抗素子を配した場合、最大応力点と連結線間の距離よりピエゾ抵抗素子の半分の長さの方が大きくなることがある。この場合、連結線より支持枠部側もしくは錘側にはみ出したピエゾ抵抗素子は、外力が加わっても抵抗変化を起こさない部分となってしまう、ピエゾ抵抗素子の出力ばらつきの原因となってしまう。最大応力点にピエゾ抵抗素子の片端を一致させた配置とすることで、センサ素子内の軸間、センサ素子間の軸間でのピエゾ抵抗素子の抵抗変化量のばらつきが小さくなり、センサ素子の設計も容易になる結果が得られている。

#### 【0022】

本発明のセンサ素子では、可撓幅広部長内に最大応力点があり、最大応力点にピエゾ抵抗素子の片端を一致させて配置させるため、連結線から離れた位置にピエゾ抵抗素子の端部が位置することになる。

#### 【0023】

可撓幅広部の形状により最大応力点が変わることを説明したが、可撓幅広部の形状は連結端と接続端を繋ぐ稜線で決まるものである。可撓幅広部は撓む部位ではあるが、可撓平行部に比べれば撓み度合いは劣るものである。そのため、可撓幅広部長を極力小さくすることで効果的に働く可撓部の長さを確保し、出力を得ることが好ましい。相反する要求になるが連結線での強度を確保するためには、連結線長さを大きくすることが好ましくなってくる。これらの要求から、可撓幅広部形状としては、接続線から連結線に向かい、直線もしくは曲線で連続的に変化する稜線で、接続線近傍での変化は少なく連結線近傍で急激に変化することが、望ましい形状である。

#### 【0024】

可撓幅広部長をでき得る限り小さくすることで、効果的に働く可撓部の長さを確保し、出力が得られることを説明してきた。ピエゾ抵抗素子は抵抗変化を見ているため初期の抵抗値を10 (k $\Omega$ ) 以上とすることが、電気的処理をする上で好ましいため、80  $\mu$ m位の長さとなっている。可撓幅広部に生じる最大応力点にピエゾ抵抗素子の端部を合わせ、可撓幅広部長をでき得る限り小さくし、また、センサ素子そのものの小型化を考慮すると、ピエゾ抵抗素子は可撓幅広部と可撓平行部の境界である接続線を跨いで配置することが好ましいものである。

#### 【0025】

ピエゾ抵抗素子は可撓幅広部と可撓平行部の境界である接続線を跨いで配置するが、X, Y, Z軸全てでなくても良いものである。本願の解決すべき課題の一つが、X, Y, Z軸の出力差を小さくすることである。最大応力点からピエゾ抵抗素子の位置をずらすことで、ピエゾ抵抗素子の出力を下げるができる。Z軸の出力を下げるため、Z軸のピエゾ抵抗素子は接続線を越えて可撓平行部に配することも、可撓幅広部内に配することも可能である。



## 【0026】

本発明の半導体型3軸加速度センサは、可撓部は可撓幅広部と可撓平行部より形成されており、可撓幅広部の稜線と支持枠部もしくは錘部が交わる連結端と、可撓幅広部の稜線と可撓平行部が交わる接続端は、連続的な曲線もしくは直線で接続され、中心線Aに対して対称の形状で可撓幅広部が形成されていることが好ましい。

## 【0027】

可撓幅広部形状としては、接続線から連結線に向かい、直線もしくは曲線で連続的に変化する稜線で、接続線近傍での変化は少なく連結線近傍で急激に変化することが望ましい形状である。具体的なイメージとしては裾野に当る連結線長さが大きく、標高に当る可撓部幅広部長は小さな富士山形状が好ましく、釣鐘型の様に接続線近傍で連結線長さに近くなるような形状は最大応力点が、接続線に近くなるので好ましくない。接続端と連結端を結ぶ稜線と連結線の成す45度以内の角度領域内に、稜線が入ることが好ましい。

## 【0028】

可撓幅広部形状は、耐衝撃性が得られれば支持枠部側と錘部側で最適な形状とすることができ、形状が異なっても構わないものである。形状設計やフォトリソ、エッチング等の製造面から可撓幅広部の形状は同じである方がメリットは大きい。

## 【0029】

可撓部を可撓平行部と可撓幅広部で構成することで、センサ素子の出力の低下を最小限に抑え、機械強度を上げることが出来たが、耐衝撃性をより確実に得るために、規制板と組み合わせることがより好ましいものである。規制板は、ガラスやセラミックでも良いし、IC基板を用いることも可能である。

## 【0030】

本発明の半導体型3軸加速度センサは、可撓幅広部の稜線と支持枠部が交わる連結端の間隔もしくは、可撓幅広部の稜線と錘部が交わる連結端の間隔 $W1$ と、可撓平行部幅 $W2$ の比 $W2/W1$ が0.2以上0.6以下であることが好ましい。

## 【0031】

可撓平行部の幅 $W2$ を連結端の間隔 $W1$ で除した値は、可撓幅広部の広がり比率を示している。 $W2/W1$ の値が、大きくなると可撓部に対する連結線近傍での幅広部の広がり方が小さくなり、耐衝撃性は低下するが、出力の低下は小さくなる。 $W2/W1$ が0.2未満では出力の低下が著しく、また0.6を越えると耐衝撃性の改善効果が得難くなる。

## 【0032】

本発明の半導体型3軸加速度センサは、可撓平行部長 $L2$ と2ヶ所の可撓幅広部長を含む可撓部全長 $L0$ の比 $L2/L0$ が0.4以上0.9以下であることが好ましい。

## 【0033】

可撓平行部長 $L2$ を可撓部長 $L0$ で除した値は、可撓部全長に対する可撓幅広部を除いた長さの比率を示している。小さくなると可撓部に占める可撓幅広部の割合が大きくなり、耐衝撃性は改善されるが、出力の低下が大きくなる。 $L2/L0$ が0.4未満では出力の低下が著しく、また0.9を越えると耐衝撃性の改善効果が得難くなる。

## 【0034】

本発明の半導体型3軸加速度センサは、中心線A上にZ軸用ピエゾ抵抗素子を配し、X軸およびY軸用ピエゾ抵抗素子は、中心線Aから可撓部短手方向の外側に配されていることが好ましい。

## 【0035】

可撓部は長手方向だけでなく短手方向にも撓み、この撓みは可撓部の中心線Aを軸に起こるので、中心線A上の応力が小さく可撓部短手方向の外側に行くほど応力が大きくなる。本発明の解決すべき課題の一つが、X、Y、Z軸の出力差を小さくすることである。X、Y軸に比べZ軸の出力が大きいため、Z軸の出力を下げることで、3軸の出力差を小さくできる。そのため、中心線A近傍にZ軸用ピエゾ抵抗素子、可撓部短手方向の外側にX軸ピエゾ抵抗素子を配することが好ましいものである。

## 【0036】

X軸ピエゾ抵抗素子を可撓部短手方向の外側に配する場合、可撓部の外側から少なくともピエゾ抵抗素子幅程度は、可撓平行部の端部より離して配置することが好ましい。余り、端部に近付け過ぎるとピエゾ抵抗素子と金属配線を接続する部位が、可撓平行部の端部に架かり、要らぬ応力を発生させたり応力のバランスを崩すことがあるためである。

## 【0037】

本発明の半導体型3軸加速度センサは、X、Y、Z軸のいずれもピエゾ抵抗素子端部は連結線より離れて配されており、X、Y軸のピエゾ抵抗素子端部と、Z軸のピエゾ抵抗素子端部が不一致で連結線との間隔が異なって配されていることが好ましい。

## 【0038】

X、Y、Z軸の出力差を小さくするにはZ軸の出力を下げることであり、最大応力点からZ軸のピエゾ抵抗素子の位置をずらすことで実現できる。つまり、Z軸ピエゾ抵抗素子を最大応力点を外すように可撓部長手方向へずらす。ずらす方向は、連結線から離れる方向、近づく方向何れでも良い。支持枠部側と錘部側で異なった方向にずらして、Z軸ピエゾ抵抗素子を配することも可能であるが、支持枠部側と錘部側で同方向にずらす方が、Z軸ピエゾ抵抗素子をブリッジに組んだ時の、オフセット電圧等の発生を抑えやすいので、好ましいものである。

## 【0039】

本発明の半導体型3軸加速度センサは、中心線A上にZ軸用ピエゾ抵抗素子を配し、X軸およびY軸用ピエゾ抵抗素子は、中心線Aから可撓部短手方向の外側方向に配されており、中心線Aに対称の位置にX軸およびY軸用ピエゾ抵抗素子および金属配線等のダミーが設けられていることが好ましい。

## 【0040】

X、Y、Z軸の出力差を小さくするため、中心線A上にZ軸用ピエゾ抵抗素子、可撓部短手方向の外側にX軸ピエゾ抵抗素子を配すると、中心線Aの片側にピエゾ抵抗素子が偏って配されることになる。また、ピエゾ抵抗素子を繋ぐ金属配線等も偏って配置されることになる。ピエゾ抵抗素子偏り配置により、可撓部の短手方向で外力による応力の発生が不均一になる。また、センサ温度が上がったとき、可撓部を構成するシリコンや絶縁層、金属配線等の熱膨張率の違いにより、可撓部に応力が発生することもある。そのため、中心線Aに対して対称に部品の配置を行うことが好ましい。

## 【0041】

配置するダミーは、X軸、Y軸ピエゾ抵抗素子だけでなく、接続される金属配線、接続部位等を含んだものとするのが好ましい。勿論、ダミーの金属配線は素子端子に接続する必要がないことは言うまでも無い。よって、ダミーのピエゾ抵抗素子や金属配線等の材質、幅、厚み等はでき得る限り、本来のピエゾ抵抗素子や金属配線等と同じとすることが好ましい。

## 【0042】

本発明の半導体型3軸加速度センサは、可撓部は可撓幅広部と可撓平行部より形成され、可撓部に配された少なくともX、Y、Z軸のいずれかのピエゾ抵抗素子は、可撓幅広部と可撓平行部の境界である接続線を跨いで配され、X、Y、Z軸のいずれもピエゾ抵抗素子端部は、可撓部と錘部および可撓部と支持枠部との境界である連結線より離れて配されており、X、Y、Z軸用ピエゾ抵抗素子は、ピエゾ抵抗素子の長さ方向に2もしくは4分割されて中心線Aに対称の位置に配され、分割された各軸のピエゾ抵抗素子は直列に接続されていることが望ましい。

## 【0043】

ピエゾ抵抗素子が本来持つ長さL5を、ピエゾ抵抗素子の長さ方向に2もしくは4分割することは、 $L5/2$ もしくは $L5/4$ 長のピエゾ抵抗素子を2本もしくは4本個別に作製して繋ぎ合わせてL5とすることと同じである。

## 【0044】

各軸のピエゾ抵抗素子は、2分割もしくは4分割の偶数分割とすることが好ましい。偶

数分割とすることで、連結線側のピエゾ抵抗素子の端部を直線的な金属配線で素子端子に接続でき、反対側の端部は横方向に最短の距離で繋ぐことができる。奇数分割とするとこの様な簡単な接続はできず、一部を分割したピエゾ抵抗素子と略同じ長さの金属配線をピエゾ抵抗素子と並行に設ける必要が出てくる。連結線と反対側の端部の横方向の接続する配線を省くために、ピエゾ抵抗素子をカタカナのコの字に折り曲げることも考えられるが、接続部に当たる部位も応力を検知してしまうため、ノイズ成分が増えることになり採用することは難しい。分割数を4分割までと限るのは、製造面からである。X、Z軸のピエゾ抵抗素子を持つ可撓部では、4分割の場合8本のピエゾ抵抗素子が、可撓部の短手方向に並ぶことになる。加速度の出力を上げるため、ますます可撓部の幅は小さくなる方向であるので、ピエゾ抵抗素子の数を多くし過ぎると製造歩留りが下がるためである。

#### 【0045】

本発明の半導体型3軸加速度センサは、X、Y、Z軸用ピエゾ抵抗素子は、ピエゾ抵抗素子の長さ方向に2もしくは4分割されており、中心線Aと対称位置にZ軸用ピエゾ抵抗素子を配し、X軸およびY軸用ピエゾ抵抗素子は、Z軸用ピエゾ抵抗素子から可撓部短手方向の外側で、可撓部長手方向中心線（以降、中心線Bと称す）に対称の位置に配されていることが好ましい。

#### 【0046】

X、Y軸に比べZ軸の出力を下げるため、Z軸用ピエゾ抵抗素子は分割せずX、Y軸用ピエゾ抵抗素子のみ分割することでも良い。Z軸用ピエゾ抵抗素子は分割せず中心線A上に配置し、X、Y軸用ピエゾ抵抗素子は中心線Aに対称の位置に配しても良い。X軸用ピエゾ抵抗素子の連結線と反対側の端部を短絡する必要があるため、Z軸用ピエゾ抵抗素子は連結線側に極力ずらすことが良い。しかし、Z軸用ピエゾ抵抗素子は連結線側にずらしても、X軸用ピエゾ抵抗素子を短絡する金属配線等が長くなることは避け難いため、でき得る限りZ軸用ピエゾ抵抗素子もX、Y軸用ピエゾ抵抗素子と同じ長さになるように分割することが好ましい。X、Y軸用ピエゾ抵抗素子は2分割、Z軸用ピエゾ抵抗素子は4分割とすることもできる。

#### 【0047】

本発明の半導体型3軸加速度センサは、X、Y、Z軸用ピエゾ抵抗素子は、ピエゾ抵抗素子の長さ方向に2もしくは4分割されており、X、Y、Z軸のいずれもピエゾ抵抗素子端部は連結線より離れて配されており、X、Y軸のピエゾ抵抗素子端部と、Z軸のピエゾ抵抗素子端部が不一致で連結線との間隔が異なって配されていることが好ましい。

#### 【0048】

Z軸用ピエゾ抵抗素子を最大応力点からずらすことで出力を下げるができる。分割されたZ軸用ピエゾ抵抗素子の一方を連結線に近い側に他方を連結線から遠い中心線B側にずらしても良いものであるが、Z軸用ピエゾ抵抗素子を短絡する金属配線等が長くなることは避け難い。分割されたZ軸用ピエゾ抵抗素子のずらす方向は、連結線に近い側もしくは遠い側のいずれかに合わせることが好ましい。

#### 【0049】

本発明の半導体型3軸加速度センサは、X、Y、Z軸用ピエゾ抵抗素子は、ピエゾ抵抗素子の長さ方向に2もしくは4分割されており、少なくともピエゾ抵抗素子中心線B側の端部は、高濃度拡散層で直列になるように接続されていることが好ましい。

#### 【0050】

ピエゾ抵抗素子と金属配線を直接接続すると接触抵抗が大きくなり良好な接続が得られないが、高濃度拡散層を介することでピエゾ抵抗素子および金属配線の何れとも良好な接続が得られる。そのため、分割されたピエゾ抵抗素子の接続は、センサ端子—金属配線—高濃度拡散層—ピエゾ抵抗素子—高濃度拡散層—短絡用金属配線—高濃度拡散層—ピエゾ抵抗素子—高濃度拡散層—金属配線—センサ端子となる。この短絡用金属配線を高濃度拡散層で形成することで、ピエゾ抵抗素子と金属配線間にある、絶縁層に穴をあけるスルーホール形成作業が不要となる。連結線から遠い側のピエゾ抵抗素子端部をスルーホールを用いずに短絡することで、Z軸とX軸の配置ずれ量が設定し易くなるだけでなく、可撓平

行部からスルーホールを無くすことができるので、可撓部の変形時にノイズの原因となる形状による応力の発生を最小限にすることができる。高濃度拡散層は、シート抵抗値が小さく、応力に対しても抵抗変化が小さいことが求められるので、piezo抵抗素子よりも3桁程度シリコンと異なる価数の元素の拡散濃度を高くしている。高濃度拡散層を分割したpiezo抵抗素子の短絡用線と使用することで、製造工数を増やすことなく、ノイズの発生を少なくできるという効果が得られる。

#### 【発明の効果】

##### 【0051】

本発明により、耐衝撃性が高く、X軸（Y軸）とZ軸の出力の差が小さく、小型で高感度、高出力の半導体型3軸加速度センサを提供することができた。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

##### 【0052】

以下、本発明の実施例について、図を用いて詳細に説明する。説明を判り易くするため、同じ部品、部位には同一の符号を用いている。

#### 【実施例1】

##### 【0053】

図1に本発明の加速度センサに用いたセンサ素子の平面概略図を示す。図2に、加速度センサの展開斜視図、図3に図2のh-h'断面図を示す。図1に示すように、センサ素子の平面形状はシリコン単結晶基板の周縁部に形成された支持枠部10と、中央部に形成された錘部11が、薄肉梁状の可撓部12で接続されている。可撓部12は可撓平行部32と可撓幅広部31で構成している。可撓平行部の両端に可撓幅広部を設け、可撓幅広部と支持枠部と錘部を接続している。piezo抵抗素子は、X軸piezo14とZ軸piezo16を同じ可撓部に設け、Y軸piezo15は別の可撓部に設けた。Z軸piezo16は中心線A29上に、X軸piezo14およびY軸piezo15は中心線A29より、可撓部短手方向の外側に位置をずらして配した。センサ素子の断面形状は、図3から判るように、錘部11及び支持枠部10の上方側に可撓部12を設けた。可撓部の上面側に複数対の各軸のpiezo抵抗素子や図示は省略したが金属配線等を設けた。

##### 【0054】

本発明で実施した加速度センサを、図2の展開斜視図と図3の断面図を用いて説明する。センサ素子2は、保護ケース3に $\phi 10\mu\text{m}$ の硬質プラスチック球を含有した接着剤33で固着した。センサ素子2の錘部11の底面と、保護ケース3の内底との間隔 $g''$ は、硬質プラスチックの球径で規制され $10\mu\text{m}$ となっている。この間隔 $g''$ は、過度の加速度が加速度センサ1に加わった時に、錘部11の動きを規制し可撓部12の破損を防ぐものである。センサ素子のセンサ端子6と保護ケースのケース端子7はワイヤー5で接続した。ワイヤー5は $\phi 25\mu\text{m}$ の金の裸線を超音波ボンディングでセンサ端子6、ケース端子7に熔接した。センサ素子の上に $\phi 10\mu\text{m}$ の硬質プラスチック球を含有した接着剤33で規制板9を固着した。規制板9には、0.2mm厚の青板ガラスを用いた。規制板9と可撓部12との間隔 $g'$ も、錘部の過度の動きを規制し可撓部の破損を防ぐものである。保護ケース3に保護ケース蓋4を、エポキシ系の接着剤34で固着して加速度センサ1を作製した。

##### 【0055】

図4を用いて、本願の実施例で用いた主なセンサ素子の寸法を示す。センサ素子の外寸W7は $2000\mu\text{m}$ 、支持枠部の幅W8は $250\mu\text{m}$ 、錘部11の幅W6は $700\mu\text{m}$ とした。可撓部の可撓平行部32の短手方向の幅W2は $75\mu\text{m}$ 、可撓幅広部31の連結線の長さW1は検討寸法であり実施例で変化させている。可撓部12の長手方向の長さL0は $400\mu\text{m}$ 、可撓幅広部31の長手方向の長さL1は検討寸法であり実施例で変化させている。piezo抵抗素子27の幅は $4\mu\text{m}$ とし、長さL5は $80\mu\text{m}$ とした。連結線17からpiezo抵抗素子27の端部までの距離（最大応力点）L3は検討寸法であり実施例で変化させている。可撓部の厚みh1は $6\mu\text{m}$ で、支持枠部10および錘部11の厚みh0は約 $632\mu\text{m}$ とした。特に、断わりの無い限り、本実施例ではこれら寸法のセンサ素子

を用いている。

#### 【実施例2】

##### 【0056】

実施したセンサ素子2の製造方法を簡単に説明する。625 $\mu$ m厚のシリコン板に1 $\mu$ m程度のシリコン酸化層と6 $\mu$ mのシリコン層の積層構造を有するSOI (Silicon on Insulator) ウェファ―を使用した。フォトレジストでパターンニングを行い、シリコン層にボロンを $1\sim 3\times 10^{19}$  原子/cm<sup>3</sup> 打ち込みピエゾ抵抗素子を作製した。高濃度拡散層はシリコン層にボロンを $1\sim 3\times 10^{21}$  原子/cm<sup>3</sup> 打ち込んだ。ピエゾ抵抗素子を外部のイオンから保護するため、シリコンとアルミ配線、電極の絶縁を確保するために、0.2 $\sim$ 0.5 $\mu$ m厚に酸化シリコンの絶縁層を形成した。ピエゾ抵抗素子に接続するアルミ配線と電極、可撓部等を、フォトレジストのパターンニングとスパッタリング成膜装置、ドライエッチング装置等を用いて形成した。SOIウェファ―のシリコン酸化層がエッチングストッパーとなるため、エッチングされるのはシリコン層のみである。ピエゾ抵抗素子面側を下にして、熱伝導の高い金属粉末を樹脂に混練したものをを用いて、ダミー基板に接着した。SOIウェファ―のシリコン板部分の625 $\mu$ mをドライエッチングするには、SF<sub>6</sub>と酸素を導入したプラズマ内で長時間行うため、被加工物の冷却が重要であり、熱伝導の良い接着剤で放熱性の高いダミー基板に接着するものである。ドライエッチングされるのはシリコンのみであるので、シリコン板はエッチングされるが、シリコン酸化層は残っている。ダミー基板に付けたまま弗酸溶液に漬け、シリコン酸化層を化学エッチングで除去した。可撓部と質量部、支持枠部が形成されたSOIウェファ―がダミー基板に接着された状態で、切断砥石を使って加速度センサ素子のチップに分離した後、溶剤で接着剤を除去し加速度センサ素子単体を得た。

#### 【実施例3】

##### 【0057】

可撓幅広部稜線のRと最大応力点の位置(L3)と出力の関係を図5に示す。図5は、可撓幅広部31の稜線が1/4円弧の結果を示している。稜線を直線や非円弧等で実施したものも同じ様な傾向の結果となったので、代表として1/4円弧の結果を示した。図5のR=0 $\mu$ mは可撓幅広部がない形状で、可撓平行部のみの従来のセンサ素子である。従来のR=0 $\mu$ mの最大応力点がL3=0 $\mu$ mである連結線にあり、その位置にピエゾ抵抗素子の端部を配した時の出力を100%とした。Rを20、50、80 $\mu$ mと変化させ、最大応力点を示す位置(L3)を求めた。また、ピエゾ抵抗素子出力を測定し、R=0 $\mu$ mの最大応力点の出力との比を求めた。出力は3Gの加速度をZ軸方向に加えて行った。

##### 【0058】

図5から判るように、Rの略半分の値の位置に最大応力点L3が生じ、出力もRが大きくなるに従い低下している。最大応力点L3がRの略半分の位置にあると言う事は、可撓幅広部内にあると言うことであり、可撓幅広部は可撓部として扱えることが確認できた。Rが大きくなるに従い出力が低下しているのは、Rが大きくなると可撓幅広部の撓み難くなっていることを表している。詳細は省略したが、稜線を直線で結んだ形状や釣鐘状の形状では、よりL3は大きくなり出力の低下も大きかった。Rの中心をずらした円弧で、接続線近傍での変化は少なく連結線近傍で急激に変化する形状が、L3を小さくし出力の低下を小さくできることが判った。

#### 【実施例4】

##### 【0059】

可撓幅広部を設けることで耐衝撃性が向上することを説明する。図6に可撓幅広部の稜線を1/4円弧(R)と直線で形成し、円弧の半径Rを0から70 $\mu$ m程度まで、直線は角度 $\theta$ を45度一定とし、連結線と接続線間の距離(可撓幅広部長)を0から45 $\mu$ m程度まで変化させた。各20個の加速度センサを作製し、耐衝撃試験を行った。耐衝撃性試験には振子式衝撃試験機を使用し、衝撃作用時間は0.2msecに固定し、1000Gから5000Gまで100G間隔で測定した。方向性による耐衝撃性の違いも考えられるため、本試験においては1条件につきXYZ各軸正負両方向の計6方向について3回ずつ

、計18回の衝撃を印加した。耐衝撃性試験の後、加振器で3Gの加速度を加え、出力が出るか否かで判断し、出力が出ない加速度センサは破壊したと判定した。20個の加速度センサの内1個でも破損したと判断された加速度値を、その試料グループの持つ耐衝撃性値とした。

#### 【0060】

図6の $W=0$ である可撓幅部を持たない従来のセンサ素子では、800G程度の耐衝撃性であった。 $W$ を20 $\mu\text{m}$ 程度付けることで耐衝撃性は、3000G以上が得られることが確認できた。100mm厚の木板に1mの高さから自然落下させた時に加わる衝撃値は1500~2000Gであることから、3000Gは携帯装置に搭載する加速度センサとしては十分な耐衝撃性を有していると言える。 $W$ が同じの場合、直線の方が耐衝撃性は上がっているのは、 $R$ に比べ接続線近傍での可撓部幅が大きいためと思われる。

#### 【実施例5】

#### 【0061】

図7に、可撓平行部32の幅 $W2$ （接続線の長さにも当る）と連結線の長さ $W1$ の關係に付いて、耐衝撃性と出力から説明する。可撓平行部の幅 $W2$ は75 $\mu\text{m}$ で一定とし、幅広部の形状を図7b)に示すように、 $R$ （記号■、□で表示）と直線（記号●、○で表示）、連結線近傍で急激に形状が変化する富士山型（記号▲、△で表示）、接続線近傍で急激に形状が変化する釣鐘型（記号◆、◇で表示）と変えた。これら試料を各20個製作し、耐衝撃性は実施例4と同様の評価方法を用いた。出力は加振器で3Gの加速度を加え、 $W2/W1=1$ つまり、可撓幅広部を有しない従来のセンサ素子の出力を100%として、20個の出力平均値をプロットしている。全体傾向として、 $W2/W1$ の値が大きくなるに従い耐衝撃性は低下するが、出力は増加している。また、接続線近傍で可撓部が太くなる釣鐘型形状は耐衝撃性で、連結線近傍で可撓部が太くなる富士山型形状では、出力の点で有利であることがわかる。これらの結果から、加速度センサに求められる耐衝撃値や出力値から、可撓幅広部の寸法や形状を選ぶことができることが確かめられた。

#### 【0062】

$W2/W1$ の値が、0.6より大きいと3000G以上の耐衝撃性を得難くなり、0.2より小さくなると出力の低下が35%以上になるので好ましくない。これらから、 $W2/W1$ の値は、0.2以上0.6以下が良いことが確認できた。

#### 【実施例6】

#### 【0063】

図8に、可撓部12の全長 $L0$ と可撓平行部32の長さ $L2$ の關係と、耐衝撃性と出力について説明する。可撓部12の全長 $L0$ は、400 $\mu\text{m}$ で一定とし可撓幅広部の連結線長さも160 $\mu\text{m}$ で一定とするため、稜線の傾斜 $\theta$ を変えて可撓平行部の長さ $L2$ を変化させた。データーを取りやり易くするため稜線は直線とした。実際には数ポイントであるが $R$ 型や富士山型、釣鐘型のデーターも採取したが、図示や説明は省略する。稜線の傾斜 $\theta$ を変えて可撓平行部の長さ $L2$ を変化させた試料を各20個製作し、耐衝撃性は実施例4と同様の評価方法を用いた。出力は、加振器で3Gの $L2/L0=1$ つまり、可撓幅広部を有しない従来のセンサ素子の出力を100%として、20個の出力平均値をプロットしている。

#### 【0064】

$L2/L0$ の値が、0.8より大きいと3000G以上の耐衝撃性が得難くなり、0.4より小さくなると出力の低下が35%以上になるので好ましくない。これらから、 $L2/L0$ の値は、0.4以上0.9以下が良いことが確認できた。

#### 【実施例7】

#### 【0065】

ピエゾ抵抗素子の中心線Aからの距離と出力の關係に付いて、図9を用いて説明する。中心線Aから5 $\mu\text{m}$ ピッチで25 $\mu\text{m}$ までピエゾ抵抗素子の位置をずらして出力を測定した。可撓幅広部の稜線は $R=40\mu\text{m}$ とし、連結端から30 $\mu\text{m}$ 離れた位置にピエゾ抵抗素子の端部が来るようにした。加振器で3Gの加速度を与え、ピエゾ抵抗素子が中心線A



上に在る時の出力を100%とし、各々ずらした位置での20個の出力平均値を百分率で表した。

#### 【0066】

中心線Aから離れるに従い出力は増加し、ピエゾ抵抗素子を中心線Aから25 $\mu$ m離すと出力を約9%高くすることができる。Z軸はX軸に比べ出力が高いため、X軸の出力を上げるか、Z軸の出力を下げてZ軸とX軸(Y軸)との出力差を少なくすることが望まれている。Z軸の出力を下げる、つまり性能を落としてX軸と合わすことは比較的容易であるが、これでは加速度センサの性能を低下させることになる。中心線A上にZ軸用のピエゾ抵抗素子を形成して、X軸用のピエゾ抵抗素子を離れた位置に形成することで、Z軸の出力を下げずにX軸用ピエゾ抵抗素子の出力を上げることができ、加速度センサの性能をより向上させることができた。

#### 【実施例8】

#### 【0067】

ピエゾ抵抗素子の中心線Bからの距離と出力の関係に付いて、図10を用いて説明する。中心線A上で最大応力点にピエゾ抵抗素子端部が配されたピエゾ抵抗素子を基準として、ピエゾ抵抗素子を連結端側(L4')と中心線B側(L4)に100 $\mu$ m程度までずらした時の出力の関係である。可撓幅広部の稜線はR=50 $\mu$ mとし、ピエゾ抵抗素子の長さは80 $\mu$ mとした。加振器で3Gの加速度を与え、ピエゾ抵抗素子が中心線A上でかつピエゾ抵抗素子の端部が最大応力点に在る時の出力を100%とし、各々ずらした位置での20個の出力平均値を百分率で表した。

#### 【0068】

基準となるピエゾ抵抗素子の位置から、連結端側(L4')と中心線B側(L4)にピエゾ抵抗素子がずれるにつれ出力は低下し、100 $\mu$ m程度ずれると出力は約25%低下した。ずらした方向の連結端側(L4')と中心線B側(L4)で、出力の差は数%であったので図10ではL4方向とL4'方向で符合は変えていない。実施例7で中心線Aから外側にX軸ピエゾを配することで、X軸の出力を約9%上げることが可能と説明した。Z軸を中心線A上で、最大応力点から100 $\mu$ mずらすことで約25%出力を下げるができる。これらを組み合わせることで、X軸の出力を変えずX軸とZ軸の出力差を約35%縮めることができることが確かめられた。

#### 【実施例9】

#### 【0069】

Z軸のピエゾ抵抗素子は中心線A上、X、Y軸のピエゾ抵抗素子は中心線Aからずらして配置することが、各軸の出力差を小さくする上で有効であることを実施例7で説明してきた。可撓部上でのピエゾ抵抗素子と金属配線の配置を、図11a)にZ、X軸、図11c)にY軸を示している。図11a)、図11c)とも、図で中心線Aより下側にはピエゾ抵抗素子14、15、16と金属配線37があるが、上側は無い事が判る。図4の断面図に記載があるが、可撓部はシリコンと絶縁層36、金属配線37が積層された構造である。つまり、図11a)、図11c)とも、図で中心線Aより下側は、シリコンと絶縁層、金属配線の3層構造であるが、上側はシリコンと絶縁層の2層構造となっている。この様に可撓部の中心線Aを境に、積層構成が異なると撓み易さ等に微妙な差が生じる。また、センサ素子の温度が上がった場合、これら構成部材の熱膨張係数の違いにより可撓部に不要な応力が発生し、ノイズ成分が増加することになる。

#### 【0070】

図11a)には、ダミーX軸ピエゾ39とダミー金属配線38を2本、中心線Aに対称位置に設け図11b)の構成とする。ダミーを形成することで、中心線Aの上下で同じ構成とすることができ、上下での撓み具合や熱による不要な応力の発生を抑えることができる。ピエゾ抵抗素子のダミーには、絶縁層のスルーホール形成も含まれているものである。図11c)はY軸用であり、図11d)の様に、ダミーY軸ピエゾ40とダミー金属配線38を1本中心線Aに対称位置に設けても良い。また、図11e)の様に、ダミーZ軸ピエゾ41やダミー金属配線38を追加しても良い。図11e)は実質的に図11b)

と同じ構成となる。出力特性に対するダミーの効果についての詳細な説明は省略するが、オフセット電圧やオフセット電圧の温度特性が良くなっている。出力特性の改善以外に、可撓部の中心線Aに対して対称の形状とすることで、フォトリソや製膜、エッチング作業の安定性が増し、寸法精度の向上すると言う効果も得られた。

【実施例 10】

【0071】

図12に、piezo抵抗素子を2分割して直列配置した概略図を示す。図12a)はX、Z軸で、図12b)はY軸である。本実施例以前で用いていた80 $\mu$ mの長さのpiezo抵抗素子を、40 $\mu$ mと半分のpiezo抵抗素子2本に分割し、中心線Aを挟んで配置した。連結線17側の端部は最大応力点に位置させ、中心線B30側の端部は高濃度拡散層42でpiezo抵抗素子が直列になるように接続した。Z軸piezo16は中心線Aに近く、X、Y軸piezo14、15は中心線Aから離し中心線Aに対称位置に配置することで、X、Y軸の出力を上げるようにした。

【0072】

piezo抵抗素子を分割して直列配置する効果について簡単に述べる。分割して直列に接続したため分割前とpiezo抵抗素子の電気抵抗は同じなため消費電力の増加はない。分割した本数のpiezo抵抗素子の端部を最大応力点に配置することができるので、出力を約15%増加させることができた。piezo抵抗素子を分割して中心線Aに対称配置することで、中心線Aの上下で同じ構成とすることができるので、ダミーのpiezo抵抗素子や金属配線を設けたと同等の効果が得られた。

【実施例 11】

【0073】

図13に、piezo抵抗素子を分割して直列配置した構成で、Z軸piezo16をずらして出力を下げる方法の例を示す。図13a)はZ軸piezo16を中心線B側にずらしたもので、図13b)は連結線側にずらしたものの、図13c)は中心線B側と連結線側に分けて配したものである。中心線B側か連結線側か何れにずらすかは、適宜決めれば良いことである。図13b)は、X軸piezoの中心線B側端部を直列に接続する高濃度拡散層42の長さを短くできるので、好ましいと考えられる。

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図1】本発明のセンサ素子の平面概略図である。

【図2】本発明の加速度センサの展開斜視図である。

【図3】本発明の加速度センサのh-h'断面図である。

【図4】本発明の実施例で用いた主なセンサ素子の寸法関係を説明する図である。

【図5】実施例3の可撓幅広部の稜線のRと最大応力点位置と出力の関係を説明する図である。

【図6】実施例4の可撓幅広部形状と耐衝撃性の関係を説明する図である。

【図7】実施例5のW2/W1と耐衝撃性、出力の関係を説明する図である。

【図8】実施例6のL2/L0と耐衝撃性、出力の関係を説明する図である。

【図9】実施例7の中心線Aからの距離と出力の関係を説明する図である。

【図10】実施例8の中心線Bからの距離と出力の関係を説明する図である。

【図11】実施例9のダミー素子、ダミー金属配線の配置を説明する図である。

【図12】実施例10のpiezo抵抗素子を2分割して直列配置した概略図である。

【図13】実施例11のZ軸のpiezo抵抗素子をずらし方を説明した図である。

【図14】従来の加速度センサの展開斜視図である。

【図15】従来のセンサ素子の平面模式図である。

【図16】従来の加速度センサの断面図である。

【図17】従来のセンサ素子の斜視図である。

【図18】従来のセンサ素子の平面図と断面斜視図である。

【図19】従来のセンサ素子の平面図と断面図である。



【図 20】 錘部厚さと出力の関係を説明する図である。

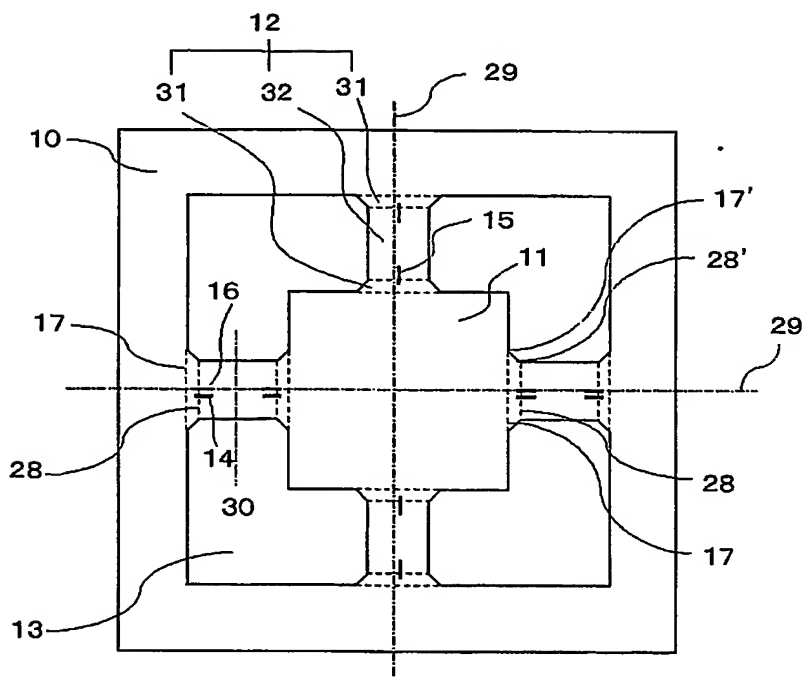
【符号の説明】

【0075】

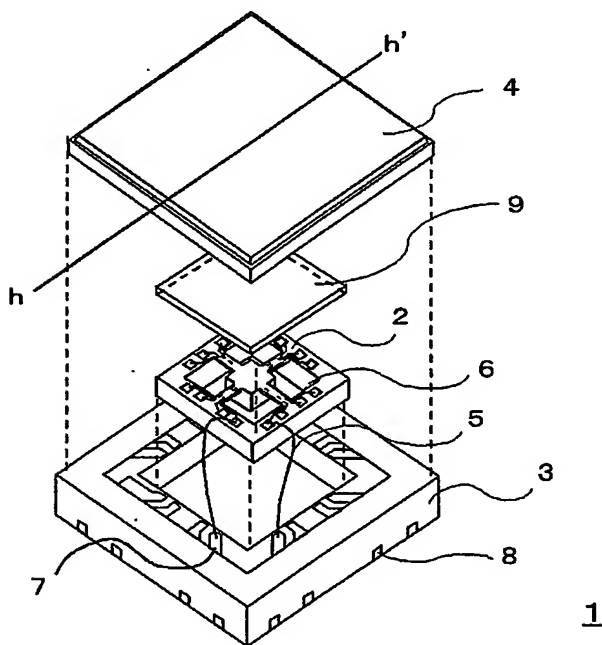
- 1 加速度センサ、2 センサ素子、3 保護ケース、4 保護ケース蓋、  
5 ワイヤ、6 センサ端子、7 ケース端子、8 外部端子、9 規制板、  
10 支持枠部、11 錘部、12 可撓部、13 貫通穴、14 X軸ピエゾ、  
15 Y軸ピエゾ、16 Z軸ピエゾ、17 連結線、17' 連結端、18 規制板、  
19 規制板、20 接着剤、21 接着剤、22 補助錘部、23 歪ゲージ、  
24 湾曲部、25 湾曲部、26 形状変化部、27 ピエゾ抵抗素子、  
28 接続線、28' 接続端、29 中心線A、30 中心線B、31 可撓幅広部、  
32 可撓平行部、33 接着剤、34 接着剤、35 ピエゾ抵抗素子、  
36 絶縁層、37 金属配線、38 ダミー金属配線、39 ダミーX軸ピエゾ、  
40 ダミーY軸ピエゾ、41 ダミーZ軸ピエゾ、42 高濃度拡散層。

【書類名】 図面

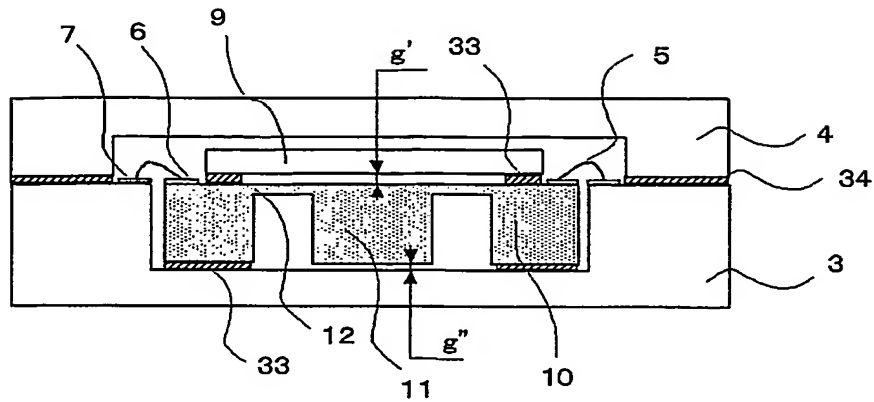
【図 1】



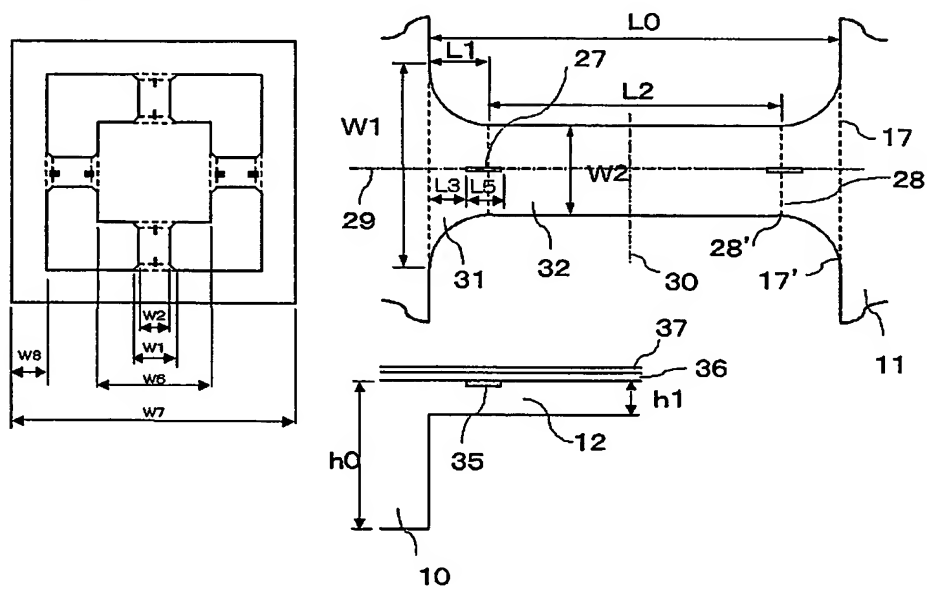
【図 2】



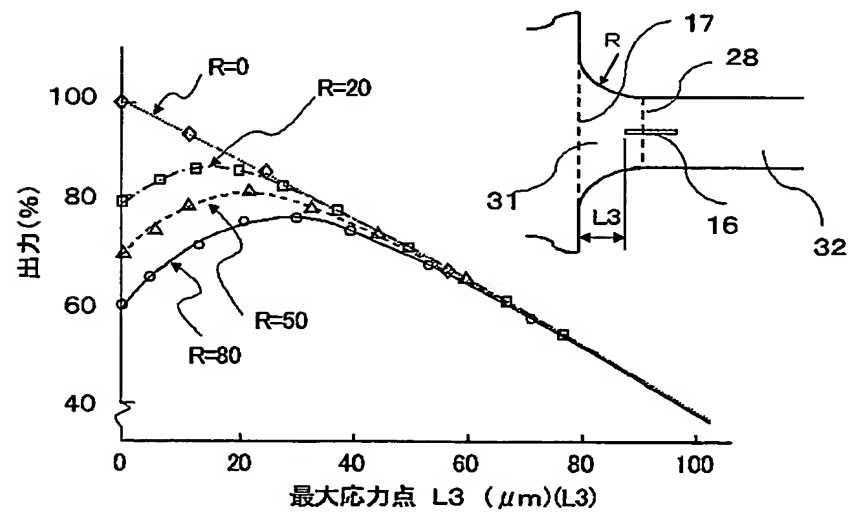
【図 3】



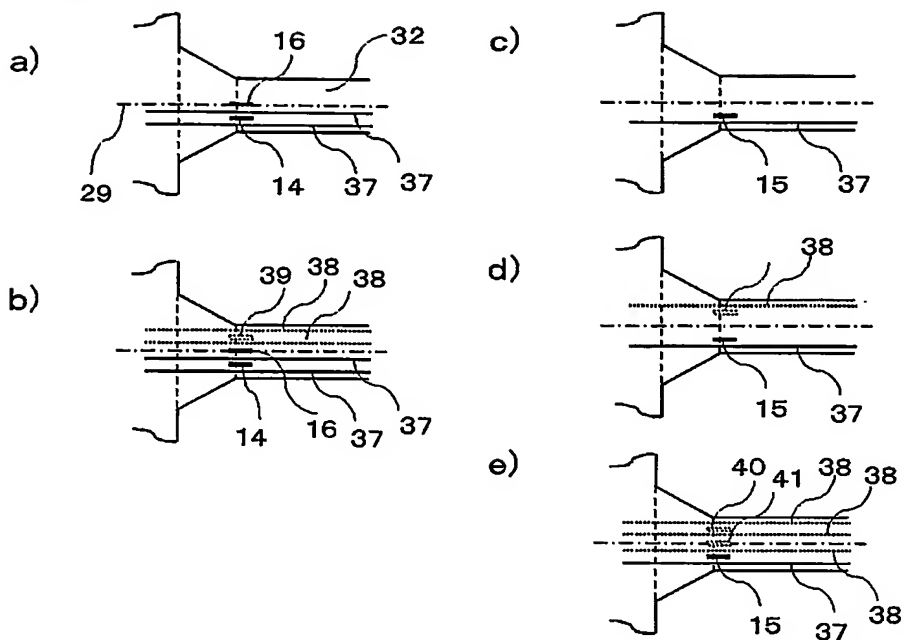
【図 4】



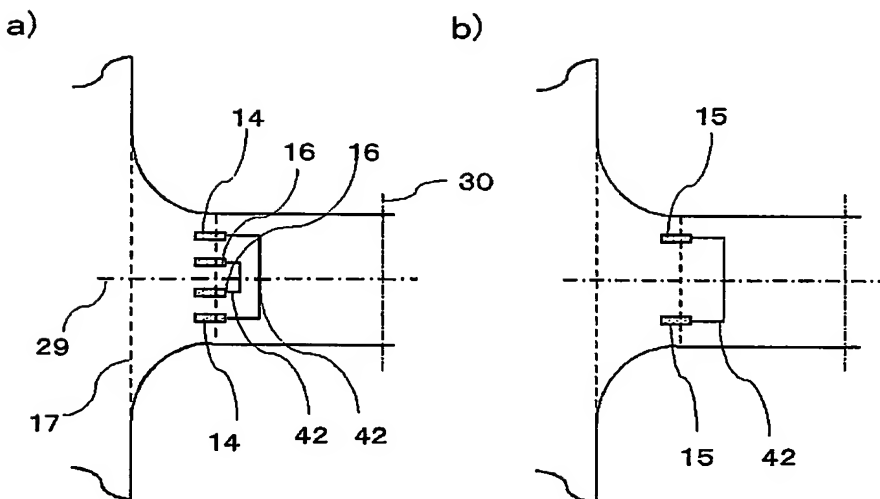
【図 5】



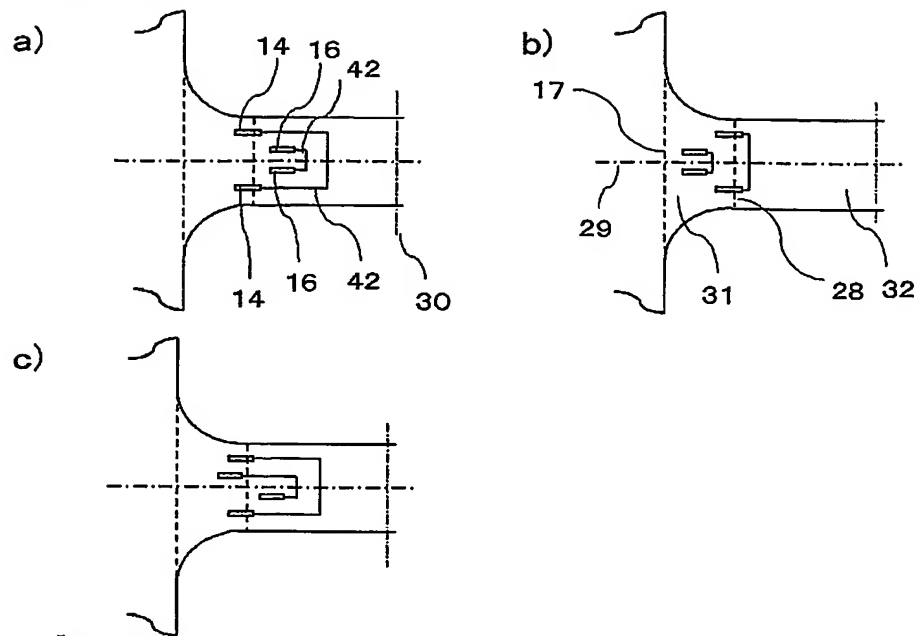
【図11】



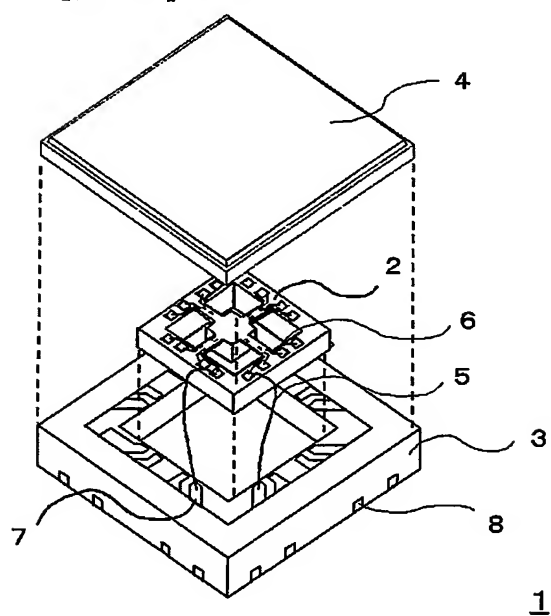
【図12】



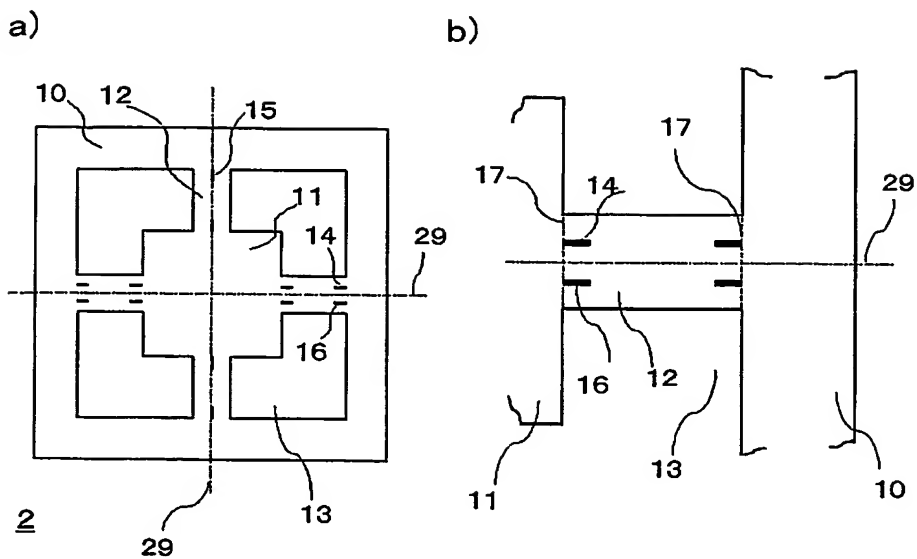
【図 13】



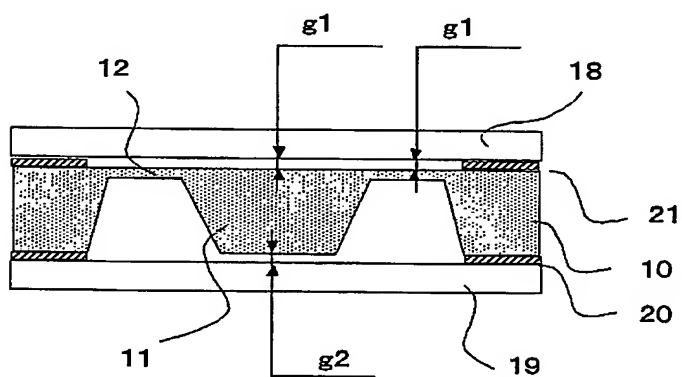
【図 14】



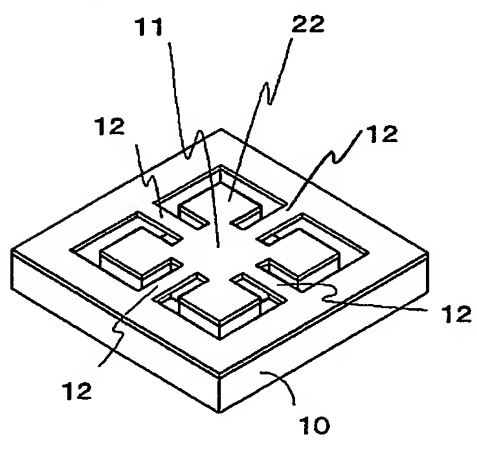
【図15】



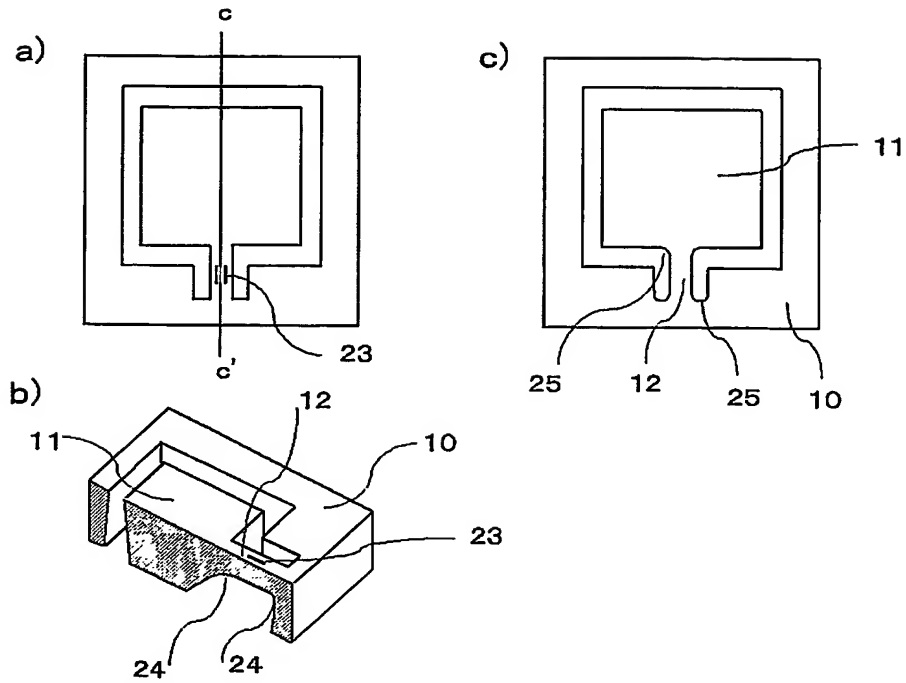
【図16】



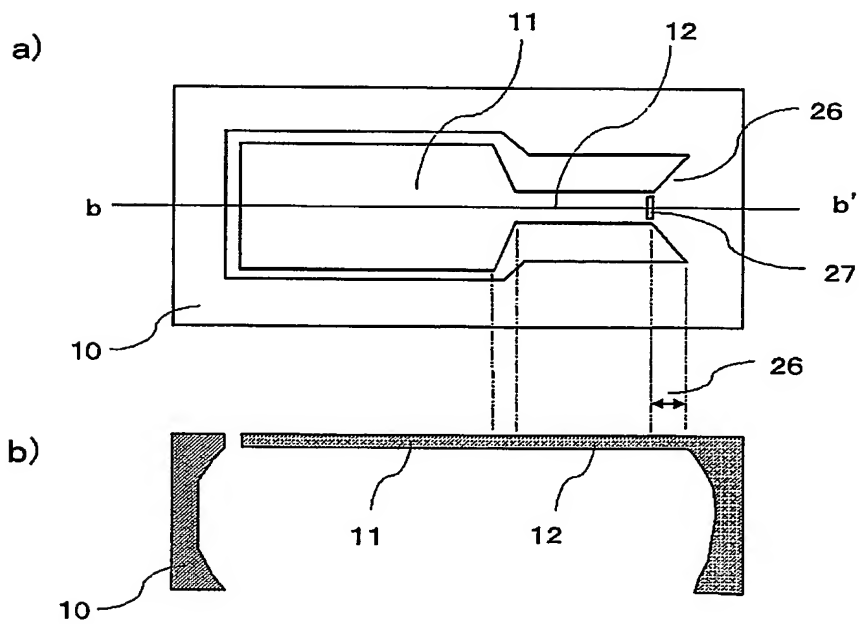
【図17】



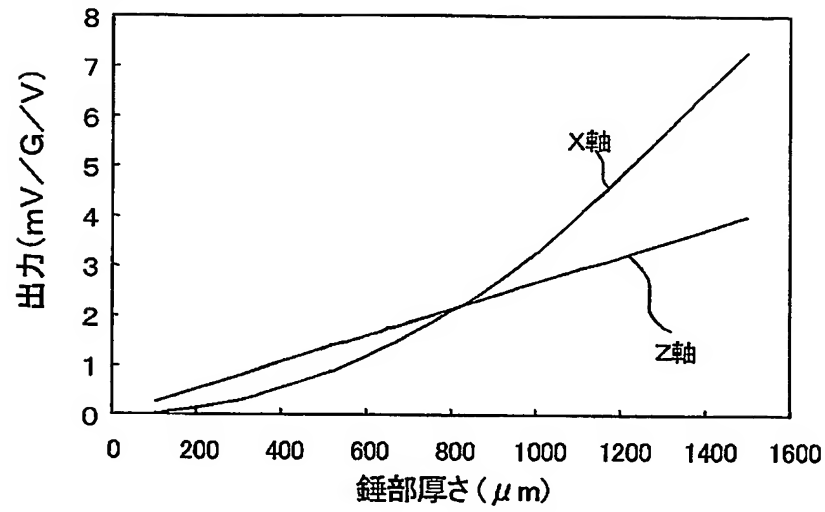
【図 18】



【図 19】



【図 20】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 耐衝撃性が高く、X軸とY軸、Z軸の出力の差が小さく、小型、かつ高感度、高出力の半導体型3軸加速度センサを提供するものである。

【解決手段】 可撓部が可撓幅広部と可撓平行部で構成され、可撓幅広部に最大応力点があり、最大応力点にピエゾ抵抗素子の端部を配する。中心線Aの近傍にZ軸ピエゾ、離れてX、Y軸ピエゾを配する。また、中心線B方向にZ軸ピエゾをすらすすることで、X軸とY軸、Z軸の出力差を小さくする。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2004-359890
受付番号	50402127127
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成16年12月14日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成16年12月13日

特願 2 0 0 4 - 3 5 9 8 9 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 0 8 3 ]

1. 変更年月日	1 9 9 9 年 8 月 1 6 日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号
氏 名	日立金属株式会社

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/019326

International filing date: 24 December 2004 (24.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-359890  
Filing date: 13 December 2004 (13.12.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 03 March 2005 (03.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse